

内 容 简 介

我国能源供应紧张的局面已存在多年。为缓解这种局面,发展核电是有效途径之一。但在发展核电方面有大量的困难需要克服,首先是核电建设经济管理水平急需提高。鉴于国内目前还没有专门论述此类问题的著作,作为一次尝试,本书作者根据自己近几年来从事核电经济管理的经验和接触到的文献资料整理写成此书。全书共六章。第一章介绍我国核电建设经济管理基本问题的形成,接着以三章的篇幅说明核电建设的微观管理,即投资控制、质量控制和进度控制,以投资控制为重点,然后以两章的篇幅说明宏观管理中的核电技术国产化和资金筹集问题。

本书主要供核电站建设管理人员和核电站设计、设备制造和施工人员阅读。对其他方面的建设管理人员和大中专院校有关专业师生也有参考价值。

我国核电建设经济管理基本问题

罗 安 仁

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

昌平兴华印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行·新华书店经营

☆

开本787×1092 1/32·印张 7.75·字数 174千字
1989年12月北京第一版·1989年12月北京第一次印刷
印数1—750

ISBN 7-5022-0241-2

TL·92 定价: 6.10元

前 言

我国从50年代中期开始发展核能，在把核能用于祖国的防卫方面迅速取得了光辉的成就，但在核电方面起步却很晚，进入80年代以后才正式开工建造核电站。两座核电站开工以来进展很大，但整个事业却受到许多困难的制约，难以迅速发展。为了克服这些困难，最主要的措施是管理水平。目前无论是宏观管理方面还是微观管理方面我们的水平都大大落后于形势和事业发展的需要。情况已经很清楚，如果我们不能迅速提高管理水平，近期要核电在我国国民经济建设中发挥作用，即使有可能也是作用不大和极为困难的。管理水平提高这件事不能再拖了。

所谓核电事业的宏观管理，指的是全国性的管理。例如，有关核电发展方针政策的制订、全国核电发展规划的确定、核电站安全的审批、核电技术国产化的推进、改革核电发展体制使之适应国民经济形势发展的需要等，都是宏观管理的重要课题。以核电事业规划为例，我国有关部门过去多次制定过核电发展规划，但是由于种种原因，这些规划都未能经过国家正式批准公布实行，核电事业长期以来处于没有规划可以遵循的状态中。1988年国务院体制改革以后新成立的能源部很重视规划工作，在1989年初提出了2000年前我国能源中期发展规划草案，规划规定到2000年为止我国核电发展规模为包括建成和在建项目在内存容量1200万千瓦。这个总目标尚待进一步细化落实并报请国务院批准，经批准后这将是我国核电事业的第一个正式规划。

由于截至最近还没有正式的核电规划，加上资金筹集困难等原因，我国核电事业开始起步后已过了几年，技术国产化的规划迟迟未能确定，制约了国产化工作的开展。但近几年来我国在提高常规发电设备生产能力方面已投入了相当数量资金，为了加工秦山一期核电站设备也已投放了一些资金，核电设备国产化所需资金的筹集问题已比较容易解决，加上能源部已提出核电事业中期规划草案，核电技术国产化规划的制订已有了基础。最近已经明确这方面的工作由国务院核电领导小组办公室主要负责，国产化的工作已变得较易推动了。

所谓核电事业的微观管理，指的是对某个核电建设项目的管理，其内容包括投资和经济效益控制、质量和安全管理、建设工作的进度控制、人员的思想水平和业务水平的提高等问题。目前我国在建两个核电项目的微观管理水平都还有许多要提高的地方，因此工作中遇到了若干困难。一些困难经过努力已经解决，另一些正在解决之中，为了做好管理工作，还要作很多努力。

经济管理是管理工作的重要组成部分之一。我国核电事业起步较晚，所以在核电经济管理方面至今还没有专著来在这方面加以阐述。本书作者想为填补这方面的不足作一次尝试，书中内容一部分来自作者近几年来从事核电经济管理工作的经验和研究成果，另一部分来自工作中接触到的资料。由于水平有限和经验不足，书中错误之处在所难免，敬请广大读者不吝指正。陈子榕同志对本书提了很多重要的修改意见，谨在此表示衷心的感谢。

罗安仁

1989年5月

目 录

第一章 我国核电建设经济管理基本问题的形成	(1)
第一节 我国发展核电的必要性.....	(1)
第二节 我国核电建设经济管理基本问题的形 成.....	(9)
第二章 核电站投资控制方法	(17)
第一节 投资控制对核电事业的意义.....	(17)
第二节 核电站建造预算的编制和追踪预测修订控 制.....	(19)
第三节 核电站建造的招标准备工作.....	(27)
第四节 核电站建造合同的技术评标.....	(41)
第五节 核电站建造合同的经济评标.....	(51)
第六节 核电站建造合同的谈判.....	(66)
第七节 设计和合同修改控制.....	(77)
第八节 投资控制工作中的其他问题.....	(80)
第三章 核电站建造的质量保证	(87)
第一节 核电站建造过程中的质量保证工作概述...	(87)
第二节 设计和文件管理.....	(95)
第三节 采购和材料管理.....	(106)
第四节 物项制造施工检验和运输贮存管理.....	(113)
第五节 不符合项、记录和核查管理.....	(122)
第四章 核电站建设的进度控制	(130)
第一节 进度控制对核电站建设的意义.....	(130)

第二节	核电站进度控制所用方法.....	(135)
第三节	进度控制工作应注意的工程活动.....	(148)
第四节	进度控制工作中使用的一些手段.....	(166)
第五章	核电技术国产化问题.....	(172)
第一节	国外掌握核电技术的做法和经验教训.....	(172)
第二节	我国的核电科技和工业基础.....	(185)
第三节	我国核电技术国产化工作中可能碰到的问 题和困难.....	(193)
第四节	指导我国核电技术国产化的方针和要 求.....	(198)
第五节	为保证我国核电技术迅速国产化应采取的 一些措施.....	(203)
第六章	我国核电事业的资金筹集.....	(208)
第一节	实行自由贸易的发展中国家的核电资金筹 集方式.....	(208)
第二节	我国现有核电项目的筹资方式.....	(219)
第三节	我国基本建设投资结构分析.....	(222)
第四节	我国电力工业基建资金筹集情况分析.....	(227)
第五节	2000年前我国核电建设资金筹集渠道分 析.....	(233)

第一章 我国核电建设经济管理 基本问题的形成

第一节 我国发展核电的必要性

能源是人类在生活和生产劳动中不可缺少的要素，原始时代的人类只能用自己的体力作动力来从事生产劳动；后来使用牛、马等家畜作动力，到了中世纪才开始使用水力和风力；直到最近二百多年以前，动力的发展速度很缓慢。到18世纪以后，有了蒸汽机、内燃机、发电机等动力机械，使蕴藏在木柴、煤、石油和天然气等有机燃料中的化学能不但可以通过燃烧转化成热能来使用，还可以把热能转化成机械能和电能来使用。从此，动力发展速度大大加快，人类生活水平提高的速度也大大加快。在今天，现代化的社会中，能源的缺乏会造成工厂停工，交通运输停顿，人们的生活和生产劳动都会陷入混乱而难以维持下去，人类对能源的依赖程度是越来越大了。

工业交通的发展和人们生活水平的提高使能源的消耗速度不断迅速加快。有人作过统计：到1860年为止，人类用掉的煤总计只有70亿吨，但是从1860年到1970年这110年间却用掉了1330亿吨，相当于1860年前总用煤量的19倍。1985年世界各国生产的煤达43.4亿吨，这就是说，80年代中，两年内人类消耗的煤就超过了1860年前所用煤的总量，而且消耗的速度还在增加。地球上的有机燃料资源是有限的，这些资

源能够维持使用多少时间，是大家关心的事。分析表明，地球上的石油资源如按现在的使用速度消耗下去，只能维持30—40年时间，煤只能维持200—300年，70年代初的石油危机给了经济发达国家巨大冲击，大家都在寻求新能源。

采用新能源不是件简单事。合用的新能源必须满足几方面的起码条件：一是这种能源的资源必须足够丰富，能经得起人类长期使用；二是这种能源的技术必须成熟，可以大规模使用；三是使用这种能源在经济上要合算；四是使用这种能源要能保证安全，要不对环境产生大量污染。在近二三十年中，经过探索研究的新能源有核能、太阳能、风能、地热能、潮汐能等许多种，但同时能够满足上述四方面条件的，却只有核能一种。核能在人类生活和生产中的应用的主要形式是核电。由于核电能同时满足作为新能源的各种要求，它的发展极为迅速。从1954年苏联建成世界第一座把电力送入电网的核电站到1987年底，世界上建成的核电站总容量从5000千瓦达到3.19亿千瓦，只用了33年，而常规电站发展到3.19亿千瓦却用了100多年。到1987年底，法国的核电发电量达全国发电总量的70%，比利时达66%，日本、联邦德国、芬兰、瑞典、瑞士、匈牙利等国达30%以上，美国建成的核电站达109座，1987年总发电量为4550亿度，占全国总发电量的17.7%。估计在21世纪初全世界的核电量将达总发电量四分之一左右，核电已经成为世界电力组成中重要的组成部分。从1974年起，核电站的发电成本普遍地大幅度低于火电，因而节省了大量资金。美国从1974年到1983年这十年中由于核电成本低于火电，节约的资金达300亿美元以上，其他国家由于使用核电也节省了大量资金。

我国有丰富的煤和水力资源。据1987年中国统计年鉴发

表的数字，我国煤炭保有储量为8459亿吨，居全世界第三位；水力资源可开发量3.79亿千瓦，居全世界第一位。但是这些资源的分布却极不均匀。仅山西陕西和内蒙西部这一地区的煤炭保有储量即占全国储量大约三分之二，而西南地区的水力资源约占全国的70%以上，这些地区相对说来经济不很发达，经济发达的华东地区煤炭保有储量只占全国储量的6%左右，1985年能源消费量却达全国消费总量的23%，需要从山西等地大量运入煤炭。长距离大量运煤困难很大，我国铁路货运量中只煤炭运输一项就占总运量的40%，就这样大的比重也还是满足不了需求，由于电煤供应不足，国内电力短缺影响国民经济发展的状况已经存在了二十来年。党的十一届三中全会以前由于国民经济的发展未能得到应有的重视，能源的短缺问题也没有引起应有的注意。十一届三中全会以后，以林汉雄同志为首的中国能源研究会筹备会于1979年底首先勇敢地、尖锐地指出，我国也有能源危机，并上书中央报告情况，力陈利害，提出缓解能源供应紧张局面的十三条建议，得到了中央领导的赞同。瞭望杂志1981年10月号（第7期）《我国能源面面观》一文发表了我国能源短缺的一些情况。文章提到，1978年我国平均缺煤和石油各1000万吨，缺电300到400亿度，工业企业因能源不足而开工不足，一年损失产值750亿元以上，农用能源和民用燃料缺口更大，全国城镇人口中30%的居民基本上没有煤烧。文章同时说明了中国能源研究会缓解能源供应紧张局面的13条建议，其中第8条就是发展核电。

通过从1979年底开始的几年全国性论证工作之后，能源短缺问题开始被重视了，乡镇煤矿在1984和1985年间有比较迅速的发展。1984年全国煤产量比1983年增加7400万吨，创

造了建国以来煤产量增产纪录，1985年比1984年又增产8300万吨，使全国煤的总产量达到8.72亿吨，又一次创造了纪录。从1980年到1985年，乡镇煤矿的增产量达全国增产量的60%，1984和1985年所占比例更大。种种原因使得统配煤产量的增长速度远比不上乡镇煤矿。由于1984和1985年总的说来煤的产量增长速度较快，议价煤的价格大幅度下跌，在华东地区一度卖到一百几十元一吨的煤价跌到了一百元以下，供应紧张局面相对缓和，形成了一种假象，似乎能源紧张问题已经解决，乡镇煤矿技术资金不足和在安全方面基础薄弱等弱点没有得到足够注意，后劲不足的弱点很快就暴露出来，1986年全国煤炭只增产了2200万吨，1987年增加多一些，也只有3400万吨。

近来我国发生了经济发展过热现象。1986和1987两年我国工农业总产值年均增长14%以上，一次能源却只增加3%左右。发电量虽然增长10%，也还是远远落在工农业增长速度之后。经济发达地区能源发展速度跟不上的矛盾更加突出。华东地区除上海外工业发展速度高达30%，电力增长速度却只有5.5%。生产不足加上运输极为紧张和倒买倒卖等原因，使得我国从1988年下半年起能源供应紧张局面空前加剧，过去是地区性缺能，现在是全国性缺能，过去是季节性紧张，现在成了全年紧张。华东地区1988年因缺煤停了许多火电机组，连宝山、谏壁等主力电厂也不能幸免，不但广东、东北和华东这些缺能地区电厂缺煤停机，连盛产煤炭的山西省内的电厂也受到因缺煤要停机的威胁。

煤炭生产跟不上国民经济发展的原因很多。资金严重不足，煤价太低，企业亏损严重等困难制约着煤炭生产速度的增加，这些困难很难迅速加以消除，而资源分布不平衡，需

要长途运送，铁路等运输系统能力有限而又难以迅速改进则是使能源供应全面紧张的另一个主要因素。从全国来看，有能力对沿海缺能地区大幅度增加煤炭供应的主要是山西、内蒙基地和贵州基地，为了增加煤的供应，必须增建距离很长的铁路和增建海港，增建铁路不但需要许多资金，还要占用不少耕地，只靠这一条路来解决能源供应紧张问题显然是不现实的。为了帮助解决能源供应紧张问题，发展核电能起很大作用。具体到我国条件下，发展核电的几大好处是明显的：从资源方面看，我国有一定数量的核燃料资源可用；从技术和安全方面看，我国已有一套核工业体系，在技术方面有一定基础，而核电站对大气的污染比煤电站小得多；从经济上看我国发展核电的潜力很大，而从运输上面看发展核电的好处更是特别突出。我们在这里只从运输和经济两个方面多作一些说明。

在我国条件下一座100万千瓦的煤电站一年大约要用300万吨原煤。我国平原地区双轨铁路的货运能力大约是每年4000万吨，山区铁路的运输能力小得多。从现在情况看，到2000年华东地区至少要新建成2500万千瓦煤电站才能满足经济发展要求，用铁路运就要新建两条一般的双轨铁路，加上其他方面对煤炭的需要，铁路建设的负担极为沉重，很难满足要求。广东省希望到2000年新建1400万千瓦电站，除了与广西、云南和贵州省合建水电站供给部分电力外，如建煤电站再由贵州供煤，也要专门建设一条铁路来运煤，这显然也是极为困难的事。如果采用建设核电站的办法，由于一座100万千瓦的压水堆核电站每年只需消耗30吨核燃料，用专用汽车运输即可，根本不需要建铁路，因此可以大大减轻对铁道建设的负担。

衡量电站经济性的主要指标是它的发电成本。现在世界各国核电站的发电成本普遍低于同功率火电站百分之几十，这是经过多年努力掌握了核电技术的结果。1954年苏联建造第一座核电站时，由于缺乏经验，为保险起见，除反应堆外其它主要设备都准备了两套，反应堆没有准备两座，但另外建造了一套常规锅炉，准备在万一反应堆出故障的情况下用常规锅炉发电，加上一些别的技术上和经济上的问题，这座核电站的发电成本是同功率火电站的7倍。美国在50年代中期建成的西宾浦核电站功率比苏联第一座核电站大一个量级，经济性能好些，发电成本是同规模火电站的4倍。但是经过十多年的发展，掌握了技术之后，核电站的发电成本就比煤电站低得多了。法国等国在引进美国技术的基础上发展核电，掌握技术所用的时间比美国短，由于采用标准化设计并在一个站址建造四到六座核电站等办法，法国的核电成本在七十年代中就降到了火电站的一半左右（包括煤电站和油电站），到了80年代初，法国油电站的发电成本达核电站的3.06倍，而煤电站则为1.59倍，由此可见，法国核电站的经济效益是极为显著的。

核电站的技术比煤电站复杂得多，因而基建造价也比煤电站贵得多。世界各国核电站的造价比同功率煤电站约高20%—80%。电站的发电成本由基建成本、燃料成本和维修成本三部分组成，在国外，核电站的基建成本占总成本的60%—70%，燃料和维修成本各占15%—20%，而煤电站则是燃料成本占60%左右，基建成本占30%强，维修成本占10%弱。核电站的基建成本虽然高于煤电站，燃料成本却比煤电站低得多，所以总的说来核电站的发电成本低于煤电站。

在我国，比较核电站和煤电站的发电成本这个问题比在国外情况下复杂得多。其原因主要有两个方面。第一，国外电站所用燃料的价格由国际市场的供求关系决定，我国的燃料价格几年前全部由国家规定，现在也主要由国家规定，由于历史的原因，国家规定的煤价和石油价长期以来只有国际市场价的几分之一，很不合理，我国的核燃料生产厂矿由于没有达到经济规模，生产成本却高于国际市场价，这种因素使核电处于不利地位；其次，几年前我国电站的建设一直使用国家拨款，计算发电成本时不计拨款利息，而建造广东核电站时主要使用国外贷款，要偿付的利息很高，利息必需计入成本才能得到偿还，因此成本就提高不少，加上广东核电站又使用了全套国外设备（这些设备中很大一部份目前国内还不能生产）要付出较多的资金，聘请了大量外国专家参加建设要支付大量劳务费、造价又提高不少，几种因素加在一起，广东核电站的发电成本比起国内已经建成而又使用国家调拨供应平价煤的煤电站来说就高得多，秦山核电站（一期工程）由于是我国自行设计建造的第一座核电站，带有实验性质，其发电成本比起一般煤电站来也高不少，不过远不像美国和苏联的第一座核电站那样大几倍而是只大百分之几十，这主要是美苏建第一座核电站时国内外都没有什么经验可以借鉴，而我国的第一座核电站有一些国外发表的资料可以用来帮助进行设计建造之故。

上面这种把我国在建核电站的预计成本和已有一般煤电站的成本简单地加以比较的做法是不公平的。不公平之处主要是煤价用得不合理，其次，在秦山核电站（一期工程）的情况下是核电技术尚未掌握，在广东核电站的情况下是使用了价格较贵的国外设备和聘用了大量外国专家。比较公平的做

法是把建造条件相近的煤电站和核电站拿来比较。根据这种一一对应进行比较的原则，广东核电站的发电成本宜于和沙角B煤电站比较，秦山核电站（一期工程）宜于和北仑港煤电站进行比较。

广东核电站的站址和沙角B煤电站相距只有几十公里，二者都用全套进口设备，都用贷款来建设，都聘用了外国专家帮助建设，沙角B煤电站使用议价煤，其价格比较接近于国际市场价，只是广东核电站聘来帮助建设的外国专家人数比沙角B煤电站高出多倍，而且参加建设的我国广大科技人员和工人有丰富的煤电厂建设经验而没有核电站的建设经验，这两方面的因素对核电站不利。不过要再找条件更合适的煤电站来和广东核电站相比较已不可能，沙角B煤电站是现有条件下的最佳比较方案。广东核电站尚未建成，还有一些影响造价的不定因素存在，造价和成本预测需要根据工程的进展情况随时加以调整。我们把广东核电站的最新成本预测值和已运行的沙角B煤电站成本加以比较，发现广东核电站的净发电成本比起沙角B煤电站来只不过高百分之一二十，差别并不很大。

秦山核电站（一期工程）与北仑港煤电站的站址相去也不远。北仑港煤电站使用议价煤，用国外进口设备，使用部份国外贷款。秦山核电站使用了部份国外设备，没有使用国外贷款。从多用了国外设备和用了国外贷款来看，比较条件对北仑港煤电站不利，但考虑到建造秦山核电站（一期工程）的技术并未完全掌握这一点，则把这两座电站的经济性进行比较对煤电站不能说很不公平。比较的结果表明，秦山核电站的发电成本只略高一些，在10%左右。比较分析工作表明，在掌握技术以后，我国核电站的发电成本将低于煤电

站。但为了掌握技术，需要做大量的、艰苦的和长期的工作。

以上的分析表明，为了缓解我国的能源供应紧张局面，发展新能源是重要措施之一，而在新能源这方面，近20年乃至更长的时间内核电是唯一的选择。正是因为这个原故，在国家计委和能源部于1989年1月份召开的全国能源工作会议上，十多个省市的代表迫切地提出了在本省市或本省市附近建造核电站的要求，希望得到国家的支持。

第二节 我国核电建设经济管理基本问题的形成

我国从50年代中期起从事核能开发，从50年代末期开始酝酿发展核电，但是由于历史上形成的种种原因，特别是在十年动乱及其影响的作用下，截至70年代末期为止，核电的发展主要停留在有关部门内部酝酿阶段，并未真正提上国家国民经济发展的日程，连在全国范围内开展广泛深入的论证，提出切实可行的方针政策和实施方案请国家领导进行决策的工作也没有做过。核电的发展是一门综合性事业，涉及的部门很多，没有全国性的总体安排，特别是没有在资金渠道方面有所保证的条件下，只靠少数部门的努力无论如何也是发展不起来的，因此，截至1979年下半年，尽管在有关部门内多次开展过规划研究，提出过规划方案，做了些设计研究，也和一些外国厂商进行过合作建造核电站的接触，工作不能算做得很少，事业却一直停留在酝酿阶段，一直未能实现起步。前面在第一节中提到，1979年底林汉雄等同志在全国性会议上公开提出我国能源供应极为紧张这个问题并建议

发展核电，这是在我国全国范围内开展核电论证工作的开端。

为了论证在我国发展核电事业的必要性和可行性，发展核电在经济上是否合算是首当其冲要论证的问题。70年代末期有过一种说法，说是我国建一座核电站的钱可以建九座煤电站，搞核电太不合算，因此不能发展。这种说法在一段不长的时间内制约了我国核电事业的起步。为了澄清这个问题，本书作者和几位别的同志一起在当时国家科委核能局的领导和支持下组成国家科委核能调研小组，于1980年上半年用3个多月时间在北京、上海和广州3地进行调查，到过40多个单位100多次，搜集了大量资料并进行了分析计算，作出了我国掌握核电技术后在我国沿海经济发达但能源缺乏地区发展核电，核电站连同其燃料供应系统在内综合基建造价与同功率煤电站连同其燃料供应系统的综合基建造价相比只不过高百分之十左右，而发电成本却可以和煤电站相竞争并略低于煤电站的结论。1980年10月，国家科委、计委和能委联合在北京召开全国核电座谈会，讨论了我国是否发展核电这个问题，会议一致认为我国应该发展核电，并且同意国家科委核能调研组关于我国掌握核电技术后核电发电成本可以和煤电竞争并略低于煤电的论证，并将会议讨论情况和结果上报，澄清了我国核电经济性不好，不能发展的误会。这次会议是我国核电事业由酝酿阶段转入全国性论证阶段的另一个重要标志。

除了普遍性的论证工作外，从1979年下半年起，具体核电项目的论证工作也开始展开。1978年到1979年间，当时的水电部曾准备由法国进口设备和技术建造苏南核电站，1979年因经费不足下马。这以后水电部核电局从事这一项目建设

的同志们转到广东，与广东省电力局共同研究与香港中华电力公司合作建造核电站问题。1980年底中港双方联合提出了合资经营广东核电站的可行性报告。从当时国际市场上的煤价等因素看，这座电站发出的电力在香港有很强的能力与煤电竞争，但按国内统一规定的低电价向国内供电时我方要发生大量政策性亏损，需要国家采取特殊政策来克服困难。1981年6月，国家计委等多个部门组织了350多名各行业的专家开会，对广东核电站的可行性报告进行了审查，到目前为止这是我国在核电方面召开的最大一次专家论证审查会。到会的绝大多数专家肯定了广东核电站的可行性。这座电站的建设资金中，10%由双方股金支付，90%使用国外出口信贷和商业贷款，我方出股金的75%，港方出股金的25%，我方股金也采取由中国银行贷款的办法筹集，完全不使用国家拨款。1982年二季度国务院成立广东核电站协调小组来领导这座电站的筹建工作，小组组织代表团到英法两国考察后再次肯定了建设这座电站的可行性，1982年底国务院领导听取了小组出国代表团的考察报告之后原则批准了广东核电站的可行性报告。

1983年2月，国家科委和计委在北京回龙观饭店召开大型专家会议，论证我国核电事业发展中的一些方针政策问题。到会专家情绪高昂，一致主张我国要积极发展核电，会议对核电规划、体制和技术路线等重大问题展开了讨论，大多数专家认为，堆型近期只能选一种重点发展，肯定了选择压水堆这一堆型是合适的。为了加快掌握技术的进度，应该引进国外先进技术加以消化吸收，形成本国技术，即是应该走把国外先进技术加以国产化的路线。会议把论证情况向国务院领导作了汇报，这是我国核电事业发展论证阶段中对核